

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Saša Boršić

Zagreb, 2014.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

PRIMJENA POLIMERNIH MATERIJALA
U NOGOMETU

Mentor:

Prof. dr. sc. Mladen Šercer

Student:

Saša Boršić

Zagreb, 2014.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se svome mentoru prof. dr. sc. Mladenu Šerceru te dr. sc. Ani Pilipović na pomoći, strpljenju i savjetima tijekom izrade ovog završnog rada.

Saša Boršić

-ovdje umetnuti tekst zadatka završnog rada-

SADRŽAJ

POPIS SLIKA	I
POPIS TABLICA	III
POPIS KRATICA	IV
POPIS OZNAKA S MJERNIM JEDINICAMA	V
SAŽETAK	VI
SUMMARY	VII
1 UVOD	1
2 POVIJEST NOGOMETA	2
3 NOGOMETNA LOPTA	4
3.1 Prve nogometne lopte	4
3.2 Vulkanizirana guma	5
3.3 Lopta obučena kožom	7
3.4 Premazi i novi oblik panela	8
3.5 Utjecaj površine lopte na njena aerodinamična svojstva	10
3.5.1 Testiranje u zračnom tunelu	11
3.5.2 Rezultati testiranja	13
3.5.3 Zaključak testiranja	14
3.6 Dijelovi lopte	15
3.6.1 Vanjski panel i unutarnja podstava	15
3.6.2 Spojevi	17
3.6.3 Zračnica i ventil	18
3.7 Budućnost nogometnih lopti	18
3.7.1 <i>Agent CTRUS</i>	18
3.7.2 <i>Adidas Smart Ball</i>	21
4 NOGOMETNA OBUĆA	22
4.1 Povijest	22
4.2 Anatomija i različitost stilova kopački	23
4.3 Materijali za izradu kopački	25
4.3.1 Usporedba kožnih i sintetičkih kopački	26
5 NOGOMETNI DRESOVI	28
5.1 Razvoj dresova kroz povijest	28
5.2 Materijali modernih dresova	29

6	OSTALA OPREMA ZA IGRAČE	31
6.1	Golmanske rukavice	31
6.2	Štitnici	31
7	POLIMERI NA NOGOMETNIM STADIONIMA	33
7.1	Stadionske stolice	33
7.2	Izgradnja stadiona	34
7.3	Umjetna trava	35
8	ZAKLJUČAK	37
9	LITERATURA	38
10	PRILOG	41

POPIS SLIKA

Slika 2.1. Nogomet na londonskim ulicama u 17. stoljeću	2
Slika 2.2. Originalna pravila nogometne igre iz 1863. godine	3
Slika 3.1. Napuhani svinjski mjehur	4
Slika 3.2. Dobivanje prirodnog kaučuka	5
Slika 3.3. Kemijski proces vulkanizacije gume	6
Slika 3.4. Vulkanizacija gume na molekularnoj razini	6
Slika 3.5. Nogometna lopta Charlesa Goodyeara	6
Slika 3.6. Prvobitni oblik panela na kožnoj lopti	7
Slika 3.7. Lopta za ljetne olimpijske igre 1936. godine	8
Slika 3.8. Lopta sa sintetičkim premazom i starim oblikom panela	8
Slika 3.9. Lopta sastavljena od peterokuta i šesterokuta	9
Slika 3.10. Oblik panela na lopti iz 1970. godine i na najnovijem modelu	10
Slika 3.11. Testirane lopte	11
Slika 3.12. <i>Teamgeist</i> lopta smještena u zračni tunel.....	12
Slika 3.13. Odnos Re i C_D za testirane lopte	13
Slika 3.14. <i>Jabulani</i> lopta u dijelovima	15
Slika 3.15. Kompozitni sastav lopti <i>Roteiro</i> i <i>Teamgeist</i>	16
Slika 3.16. Slojevi plašta lopte <i>Adidas Europass</i>	16
Slika 3.17. <i>Jabulani</i> lopta u kalupu	17
Slika 3.18. Kemijska formula butilne gume	18
Slika 3.19. <i>Agent CTRUS</i> koncept lopte.....	19
Slika 3.20. Unutrašnjost lopte <i>Agent CTRUS</i>	20
Slika 3.21. Konceptni izgled lopte <i>Agent CTRUS</i>	20
Slika 3.22. Unutarnji i vanjski izgled lopte <i>Adidas Smart Ball</i>	21
Slika 4.1. Kopačke iz 19. stoljeća	22

Slika 4.2. Kopačke iz 1954. godine	23
Slika 4.3. Dijelovi kopački	25
Slika 4.4. <i>Nike Tiempo Legend IV</i>	26
Slika 4.5. <i>Nike Mercurial Vapor IX</i>	27
Slika 5.1. Dres <i>FC Liverpoola</i> iz osamdesetih godina 20. stoljeća	29
Slika 5.2. Dres hrvatske nogometne reprezentacije iz 2012. godine	30
Slika 6.1. <i>Adidas Predator</i> golmanske rukavice	31
Slika 6.2. <i>Adidas</i> Štitnici za potkoljenice	32
Slika 7.1. Stadionska stolica od polipropilena	33
Slika 7.2. Stadionska stolica od poliamida	34
Slika 7.3. <i>PGE Arena Gdansk</i>	34
Slika 7.4. Poljski nacionalni stadion u Varšavi	35
Slika 7.5. Poprečni presjek podloge od umjetne trave.....	36

POPIS TABLICA

Tablica 4.1 Vrste kopački	24
---------------------------------	----

POPIS KRATICA

EPDM – etilen/propilen/diensi kaučuk

FA – nogometna organizacija (e. *football association*)

GPS – globalni pozicijski sustav (e. *global positioning system*)

PC – polikarbonat

PET – poli(etilen-tereftalat)

PTFE – poli(tetrafluoretilen)

PUR – poliuretan

PVC – poli(vinil-klorid)

TPU – elastoplastomerni poliuretan

UV – ultraljubičasto (e. *ultraviolet*)

POPIS OZNAKA S MJERNIM JEDINICAMA

OZNAKA	MJERNA JEDINICA	OPIS
C_D	-	koeficijent otpora
F_D	N	sila otpora
ρ	kg/m ³	gustoća
v	m/s	brzina
A	m ²	površina
Re	-	Reynoldsov broj
d	m	promjer
μ	Pa s	dinamička viskoznost

SAŽETAK

U završnom radu ukratko je opisana povijest nogometa kao najpopularnijeg sporta u svijetu. Prikazan je razvoj lopte i dan pregled upotrijebljenih materijala za njezinu proizvodnju od njezinih početaka pa do najnovijih dostignuća i inovacija. Obrađeni su i nogometna odjeća i obuća s aspekta proizvodnih materijala. U zadnjem je dijelu ukazano na rasprostranjenost polimernih materijala u ostalim aspektima ovog sporta kao što su dijelovi stadiona, štitnici, nogometni tereni i ostala oprema bez koje nogomet ne bi postojao u obliku kakvog poznaje moderno društvo.

Ključne riječi: nogomet, polimerni materijali

SUMMARY

This paper shortly describes the history of football as the most popular sport in the world. The development of a football ball is presented and an overview of materials used for the ball production from its beginnings to the latest achievements and innovations is given. Materials used for football clothing and shoes production are also presented. The last part of the paper stresses the prevalence of polymeric materials that are used in other areas related to this sport e.g. in the construction of parts of the stadium and soccer fields as well as making protectors and other equipment without which there would not be football as the modern society knows it.

Key words: football, polymer materials

1 UVOD

Nogomet, nekad najvažnija sporedna stvar na svijetu, odavno je postao više od sporedne stvari. Nogomet je postao pitanje identifikacije nacija na društvenoj i na političkoj svjetskoj sceni. Hrvatska bronca sa Svjetskog prvenstva 1998. godine u Francuskoj učinila je više za prepoznavanje i *image* Hrvatske u svijetu nego mnoge druge, vjerojatno vrijednije i važnije stvari. Milijuni ljudi diljem svijeta dio su te priče. Neki se bave njime dok drugi uživaju u njemu kao navijači. Rijetki od njih su svjesni što se sve krije iza spektakularnih poteza ponajboljih svjetskih nogometaša. Rijetki su oni koji primjećuju koliki je utjecaj polimernih materijala u ovom sportu. Plastične su stolice na kojima sjede, dok gledaju utakmicu na stadionu čiji ih plastični krov štiti od kiše. Dresovi koje nose igrači napravljeni su od lakih polimernih materijala. Upotrebom tih materijala izrađuju se kopačke s potrebnim zahtjevima prilagođenima samome igraču. Lopta kojom se igra mora ispunjavati stroge zahtjeve te je njezin razvitak složen proces u kojem također polimeri igraju ključnu ulogu. Ukoliko se igra u zahtjevnim uvjetima gdje prirodna trava ne uspijeva ili nije adekvatna za upotrebu, umjetna trava je upravo to čime ćemo je zamijeniti. U radu su detaljno obrađeni svaki od tih najvažnijih aspekata upotrebe polimernih materijala u svijetu nogometa.

2 POVIJEST NOGOMETA

Nogomet kakvog danas poznajemo nastao je 1863. godine u Engleskoj. Tada je osnovana *Football Association* (FA), prva svjetska organizacija koja je upravljala ovim sportom i donijela pravila slična današnjima. No, povijest ovog sporta daleko je duža. Još tri stoljeća prije Krista jedan oblik nogometa igrao se u Kini pod nazivom *Tsu'Chu* u vrijeme dinastije Han. Zapravo je bila riječ o vojnoj vježbi, u kojoj je cilj bio pogoditi loptom malu mrežu između bambusovih stabala. Pucača su ometali ostali vojnici, a loptu je smio dodirivati svim dijelovima tijela osim rukama. Razne sportove srodne današnjem nogometu igrali su i u Japanu (*Kemari*), Grčkoj, Starom Rimu (*Harpastum*), srednjevjekovnoj Engleskoj, kao i u raznim drugim krajevima diljem svijeta. [1]

Na slici 2.1 prikazana je nogometna igra s londonskih ulica iz ranog novog vijeka.

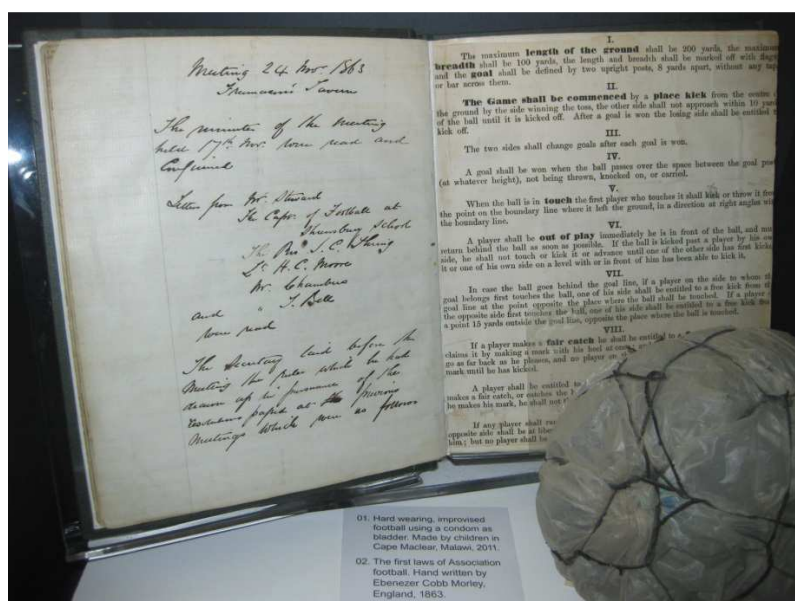


Slika 2.1. Nogomet na londonskim ulicama u 17. stoljeću [2]

Povijest igre koju danas poznajemo pod nazivom nogomet datira u 19. stoljeću. Godine 1848. u Cambridgeu je sazvan sastanak na kojemu je sudjelovalo nekoliko predstavnika tadašnjih škola u kojima se do tada igrao nogomet po različitim pravilima koja nisu bila usklađena. Sastanak koji je potrajao osam sati je za pozitivnu posljedicu imao prvi komplet pravila, znanih kao *Cambridge Rules*. Pravila jasno naglašavaju da se lopta smije napucavati bilo kojim dijelom tijela osim ruke. Postojalo je i primitivno zaleđe, koje je onemogućavalo igrače da dugo kruže oko protivničkoga gola. Pravila su prihvaćena od strane svih klubova trenutno. [3]

1863. godine predstavnici većine nogometnih klubova su se okupili u Londonu. To se smatra prvim službenim okupljanjem nogometnog saveza, ujedno i prvog službenog tijela u nogometu uopće. Stvorena su jedinstvena nogometna pravila, koja su se, uz neke izmjene, održala i do današnjih dana. Knjiga u kojoj su navedena ta pravila prikazana je na slici 2.2. [3]

Prvu službenu utakmicu su odigrali Sheffield i Nottingham, i to pod zapovijedi engleskog saveza. To je bio prvi derbi u povijesti nogometa. Drugi derbi je bio Chesterfielda i Stokea, što je značilo definitivno odvajanje nogometa od javnih škola. Glavnu riječ u tadašnjem nogometu je imala radnička klasa, koja je i prva uvela jedanaest igrača na terenu i okruglu loptu. Godine 1866., na utakmici Sheffield - London, dozvoljeno je korištenje rukom samo jednom igraču, vrataru. Postavljena je i crvena traka na spoju dviju stativa kao prečka. [3]



Slika 2.2. Originalna pravila nogometne igre iz 1863. godine [4]

3 NOGOMETNA LOPTA

3.1 Prve nogometne lopte

U početku razvitka nogometa ljudi su se na različite načine snalazili što se tiče najvažnijeg rekvizita u čitavoj igri. Naime, prema nekim povijesnim izvorima ljudi su kao loptu koristili ljudske i životinjske lubanje kao i svinjske odnosno kravlje mjehure. [5]

Primjer lopte napravljene od napuhanog svinjskog mjehura vidimo na slici 3.1.



Slika 3.1. Napuhani svinjski mjehur [5]

Pošto je lopta napravljena od životinjskog mjehura bila sve samo ne okrugla, bilo je potrebno pronaći način kako da se napravi predmet koji neće biti pretežak za napucavanje nogom, a da s druge strane bude okrugao jer bi se takav oblik

predvidljivije giba po terenu. Charles Goodyear je 1836. godine patentirao vulkaniziranu gumu. [6]

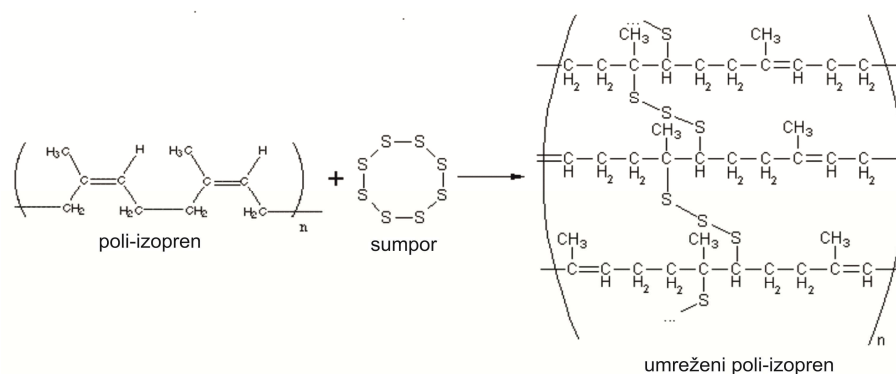
3.2 Vulkanizirana guma

Kaučuk je elastičan, prirodno ili umjetno proizveden elastični polimer iz kojeg se proizvodi guma. Guma koja je prirodnog podrijetla naziva se *his-cis* poli-izopren. Prirodna guma je organska tvar, koja potječe iz tropskih biljki, a većinom od stabla kaučukovca. Iz stabla se nakon urezivanja cijedi bijela mliječna tekućina lateks. Uzgaja se na velikim plantažama u tropskim područjima (slika 3.2). Iako postoji u prirodnom obliku kaučuk se danas uglavnom proizvodi umjetno. [7]

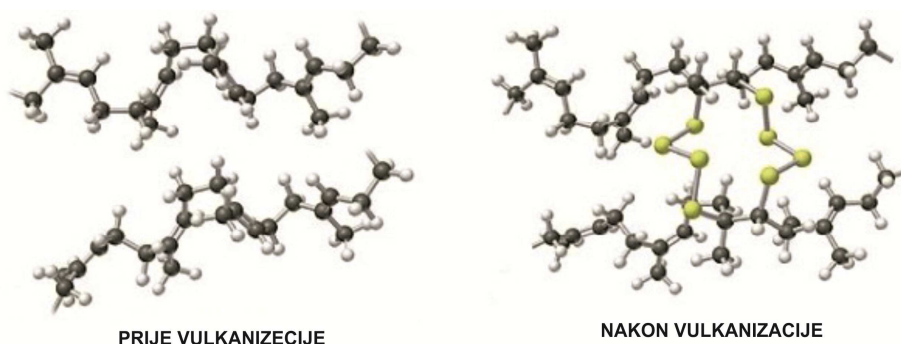


Slika 3.2. Dobivanje prirodnog kaučuka [7]

Kako bi se iz kaučuka dobila guma potrebno je provesti proces vulkanizacije. Vulkanizacija je kemijski proces spajanja kaučuka i sumpora (slika 3.3) pri čemu se pojedinačne lančane molekule kaučuka povezuju u trodimenzionalnu mrežastu strukturu (slika 3.4), što za posljedicu ima promjenu fizikalnih i mehaničkih svojstava. Proizvod koji se dobije vulkanizacijom nazivamo guma i ona spada u grupu elastomera. Ona ima veliku elastičnost, otporna je na kemijske i atmosferske utjecaje kao i na mehanička naprezanja. [6]



Slika 3.3. Kemijski proces vulkanizacije gume [6]



Slika 3.4. Vulkanizacija gume na molekularnoj razini [8]

Godine 1855. Charles Goodyear je osmislio i napravio prvu nogometnu loptu od vulkanizirane gume (slika 3.5). Ta je lopta bila sastavljena od više gumenih panela koji su bili međusobno zalijepljeni na rubovima. Paneli su imali oblik sličan onome na današnjim košarkaškim loptama, a zanimljivo je da je prva ikad odigrana košarkaška utakmica bila odigrana upravo s ovom loptom. [9]



Slika 3.5. Nogometna lopta Charlesa Goodyeara [9]

3.3 Lopta obučena kožom

Dizajn Goodyearove lopte poboljšao je 1862. godine J.H. Landon tako što joj je dodao mogućnost napuhavanja. To je omogućavalo da lopta zadrži tvrdoću i oblik. U originalnoj knjizi s nogometnim pravilima iz 1863. godine nije bilo govora o obliku i dimenzijama lopte. To se promijenilo nakon što je 1872. godine knjiga dopunjena. Tada je uneseno pravilo da lopta mora biti okruglog oblika i da joj opseg mora biti između 68 cm i 70 cm. Kasnije je dodana i stavka kako uz navedene dimenzije nogometna lopta mora zadovoljavati i kriterij da bude obučena u kožu ili neki drugi dozvoljeni materijal te da joj masa prije početka utakmice mora biti između 400 g i 450 g. Pravilo o veličini i težini lopte nije se promijenilo ni danas. [10]

Osnivanje *Engleske Nogometne Lige* 1888. godine imalo je za izravnu posljedicu početak masovne proizvodnje nogometnih lopti. Prve su se time počele baviti dvije tvrtke smještene u Glasgowu, *Mitre* i *Thomlison's*. Oni su smatrali da je ključ kvalitetne nogometne lopte u tome da zadrži svoj prvotni oblik. Zbog toga je bilo važno imati čvrstu kožu kao i kvalitetno i sposobno osoblje što se najviše odnosilo na radnike koji su rezali i šivali kožu. Za izradu najkvalitetnijih lopti upotrebljavala se koža s kravljih kukova dok se za one manje kvalitetne upotrebljavala leđna kravlja koža. Kožni dio lopte se u početku sastavljao od panela koji su se spajali na suprotnim polovima lopte (slika 3.6) što je kasnije zamijenjeno oblikom panela kojim se postizala bolja sferičnost (slika 3.7). [10]



Slika 3.6. Prvobitni oblik panela na kožnoj lopti [11]



Slika 3.7. Lopta za ljetne olimpijske igre 1936. godine [12]

3.4 Premazi i novi oblik panela

Najveći problem nogometnih lopti s kožnim vanjskim dijelom je bilo njihovo svojstvo upijanja vode. Naime, ukoliko se igralo u mokrim uvjetima lopta bi tijekom utakmice polako upijala vodu i postajala sve teža te bi odstupala od dopuštene mase pa su igrači ozljeđivali glavu ili vrat prilikom udaranja takve lopte glavom. [10]

Kako bi se riješio taj problem lopte su se premazivale umjetnim bojama ili drugim neporoznim materijalima. To označava početak upotrebe umjetnih materijala u postupku proizvodnje nogometnih lopti. Na slici 3.8 vidimo primjer lopte iz 1966. godine koja je premazana sintetičkom narančastom bojom. Na slici 3.9 vidimo loptu koja je predstavljena na svjetskom prvenstvu 1970. godine. Nova lopta bila je sastavljena od peterokuta i šesterokuta što je uvelike pomoglo pri postizanju oblika kugle i to je dizajn koji se održao tijekom sljedećih tridesetak godina. [10]



Slika 3.8. Lopta sa sintetičkim premazom i starim oblikom panela [13]



Slika 3.9. Lopta sastavljena od peterokuta i šesterokuta [13]

Godine 1986. došlo je do velikog napretka u igri. Razlog tome bila je nova lopta s poliuretanskim premazom kao i nova tehnologija zaštite šavova pa je bila vodonepropusna te je i u mokrim uvjetima zadržavala željeni oblik, a i masa joj se tijekom utakmice nije mijenjala. [13]

Lopte sastavljene od peterokuta i šesterokuta održale su se dugi niz godina. Štoviše, mnogi proizvođači ga primjenjuju i danas. Tvrtka *Adidas* je inovator na tom polju. Oni su službeni proizvođač lopti za dvije najveće nogometne smotre, Svjetsko i Europsko prvenstvo. Od 2006. do 2014. godine proizveli su niz lopti koje su po obliku panela bile potpuno drugačije i novorazvijene. Cilj istraživanja na tom polju je napraviti loptu sa što manjim brojem panela kako bi joj aerodinamika bila bolja. To za sobom povlači i sve čudnije oblike dijelova lopte. Lopta s peterokutima i šesterokutima predstavljala je standard još od 1970. godine, a bila je sastavljena od čak 32 panela. *Adidas* je to odlučio promijeniti kada je za svjetsku smotru 2006. godine predstavljena lopta *Teamgeist* sastavljena od 14 dijelova. S modelom *Jabulani* iz 2010. godine otišlo se korak dalje te je broja panela smanjen na 8, dok najnovija *Brazuca* koja će se primjenjivati na Svjetskom prvenstvu u Brazilu ove godine ima tek 6 dijelova (slika 3.10). [13]



Slika 3.10. Oblik panela na lopti iz 1970. godine i na najnovijem modelu [14, 15]

3.5 Utjecaj površine lopte na njena aerodinamična svojstva [16]

Dok lopta leti prema protivničkom голу, njena putanja jako ovisi o njenim aerodinamičnim svojstvima. Ovisno o aerodinamičnom ponašanju, lopta se može značajno pomaknuti s očekivane putanje. Aerodinamika je zbog toga jako važan aspekt nogometa kojemu proizvođači lopti poklanjaju značajnu pažnju. Tijekom godina su razvijeni razni postupci proizvodnje kojima je cilj loptu što više približiti savršeno okruglom obliku. Osim oblika, značajno se istražuje i utjecaj izgleda površine lopte na njena svojstva. Pokušava se postići što ujednačenija površina pa se broj panela sve više smanjuje. Na lopte proizvođača *Adidas* (slika 3.11), istražen je utjecaj broja panela na aerodinamična svojstva lopte:

- *Fevernova* – lopta sastavljena od 32 međusobno šivana panela (Svjetsko prvenstvo 2002. godine)

- *Teamgeist* – lopta sastavljena od 14 toplinski lijepljenih panela (Svjetsko prvenstvo 2006. godine)
- *Jabulani* – lopta sastavljena od 8 toplinski lijepljenih panela (Svjetsko prvenstvo 2010. godine)



Jabulani, strana A



Teamgeist, strana A



Fevernova, strana A



Jabulani, strana B



Teamgeist, strana B



Fevernova, strana B

Slika 3.11. Testirane lopte

3.5.1 Testiranje u zračnom tunelu

Aerodinamična svojstva mjere se u zračnom tunelu. Radi se o tunelu u kojem je najviša moguća brzina vjetra 150 km/h. Pravokutnog je oblika s dimenzijama širina x duljina x visina (3 x 9 x 2 m). Pomoću računala su snimljene i digitalizirane sile i momenti koji su izmjereni pomoću senzora. Lopta je smještena u tunel na posebno osmišljeni držač koji ju drži na točno određenom mjestu kako bi senzori mogli izmjeriti potrebne podatke (slika 3.12).



Slika 3.12. *Teamgeist* lopta smještena u zračni tunel

Koeficijent otpora (C_D) je definiran sljedećim izrazom:

$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2} \times \rho \times v^2 \times A} \quad (3.1.)$$

gdje je: C_D – koeficijent otpora, F_D [N] – sila otpora, ρ [kg/m³] – gustoća zraka, v [m/s] – brzina vjetra, A [m²] – površina projekcije lopte

Reynoldsov broj (Re) je definiran sljedećim izrazom:

$$Re = \frac{\rho \times v \times d}{\mu} \quad (3.2.)$$

gdje je: Re – Reynoldsov broj, d [m] – promjer lopte, μ [Pa s] – dinamička viskoznost

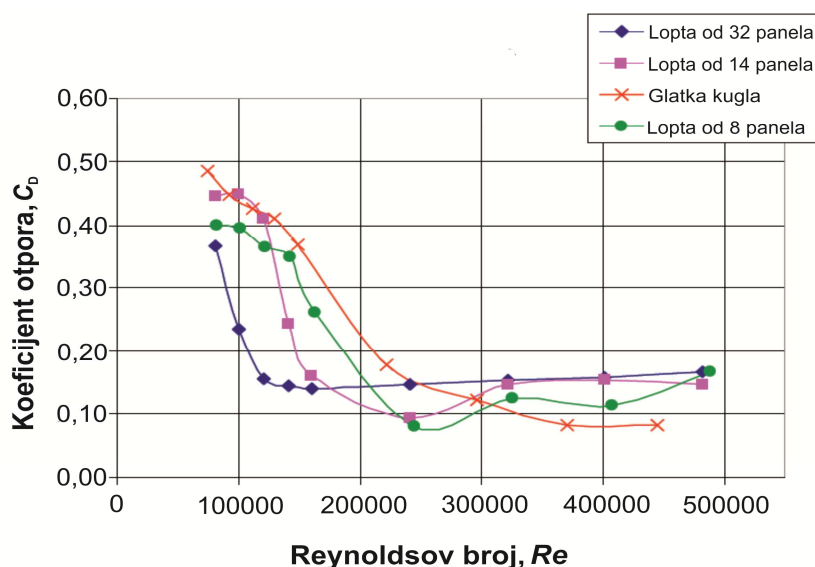
U ovom testu određivana je samo sila otpora i njezin koeficijent, dok sila uzgona i bočne sile nisu određeni.

3.5.2 Rezultati testiranja

Lopte su testirane pri vjetru brzine 30, 40, 60, 80, 100, 120 i 130 km/h. Aerodinamična sila je izražena preko koeficijenta otpora C_D . Utjecaj Reynoldsovog broja na koeficijent C_D prikazan je na slici 3.13. Vrijednost koeficijenta C_D glatke kugle prikazuje očekivanu promjenu strujanja iz laminarnog u turbulentno. Prema mjerenjima taj se prijelaz za testiranu glatku kuglu događa pri vrijednostima između $Re = 1 \times 10^5$ i $Re = 4 \times 10^5$. Kod lopte *Fevernova* taj se prijelaz događa mnogo ranije nego kod glatke kugle, ali i mnogo ranije nego kod druge dvije testirane lopte (*Teamgeist* i *Jabulani*). Do turbulentnog strujanja dolazi zbog bridova koji se nalaze po čitavoj lopti, a koji nastaju prilikom spajanja panela šivanjem. Razlika u prelasku iz laminarnog u turbulentno strujanje postoji i između modela *Teamgeist* i *Jabulani*. Naime površina *Teamgeist* lopte je malo grublja te ona prelazi ranije u turbulentno strujanje. Strujanje postaje potpuno turbulentno pri sljedećim vrijednostima:

- *Fevernova* – 30 km/h; $Re = 1,1 \times 10^5$
- *Teamgeist* – 40 km/h; $Re = 1,6 \times 10^5$
- *Jabulani* – 60 km/h; $Re = 2,4 \times 10^5$
- Glatka kugla – 100 km/h; $Re = 3,7 \times 10^5$

Prosječni tijek kretanja vrijednosti koeficijenta C_D nakon prelaska iz laminarnog u turbulentno strujanje za lopte *Teamgeist* i *Jabulani* je sličan, dok je njegova vrijednost gotovo 15 % niža kod *Jabulani* lopte. Vrijednost koeficijenta za *Jabulani* loptu iznenada raste nakon 110 km/h, a razlog za to još nije poznat.



Slika 3.13. Odnos Re i C_D za testirane lopte

Iako lopte *Jabulani* i *Teamgeist* imaju uglađeniju površinu i izgledaju sferičnije od lopte sastavljene od 32 panela, suprotne strane tih lopti nisu potpuno simetrične (slika 3.11). Strana A i strana B su bile testirane svaka posebno u zračnom tunelu i ustanovljeno je da se prosječne vrijednosti koeficijenta C_D značajno razlikuju. Kod lopte *Jabulani* razlika iznosi 8 - 9 %, kod *Teamgeist* lopte razlika je malo manja te iznosi 3 - 4 %, dok je kod *Fevernove* najmanja i iznosi manje od 2 %. Te su razlike odgovorne za nepredvidljive linije kretanja lopte što na terenu najviše osjećaju vratari.

3.5.3 Zaključak testiranja

Ovim se testiranjem prikazao utjecaj vanjskog izgleda lopte na njezine karakteristike i putanju.

Iz dobivenih rezultata zaključuje se sljedeće:

- Prosječne vrijednosti koeficijenta otpora C_D za *Fevernovu*, *Teamgeist* i *Jabulani* iznose redom 0,15, 0,19 i 0,21
- *Fevernova* i *Teamgeist* lopte doživljavaju prijelaz iz laminarnog u turbulentno strujanje ranije u usporedbi s loptom *Jabulani* i glatkom kuglom
- *Jabulani* ima nižu vrijednost koeficijenta C_D pri brzinama većim od 60 km/h u usporedbi s *Teamgeist* loptom
- Vrijednost koeficijenta otpora C_D je kod *Teamgeista* relativno niska pri brzinama između 30 km/h i 60 km/h
- Razlika u koeficijentu otpora C_D za loptu *Jabulani* između strana A i B je 5 % do 7 % veća u odnosu na druge dvije lopte

Smanjenjem broja panela na loptama smanjuje otpor zraka te lopte postižu veću brzinu prilikom udarca istog intenziteta. Također se postiže sve bolja sferičnost ali je simetričnost same lopte lošija što uzrokuje ponekad nepredvidive putanje kretanja pa je potrebno dodatno istražiti to područje kako bi se umanjio utjecaj te pojave.

3.6 Dijelovi lopte

Na primjeru lopte *Jabulani* će biti napravljen pregled najčešćih materijala koji se upotrebljavaju za proizvodnju modernih lopti (slika 3.14).



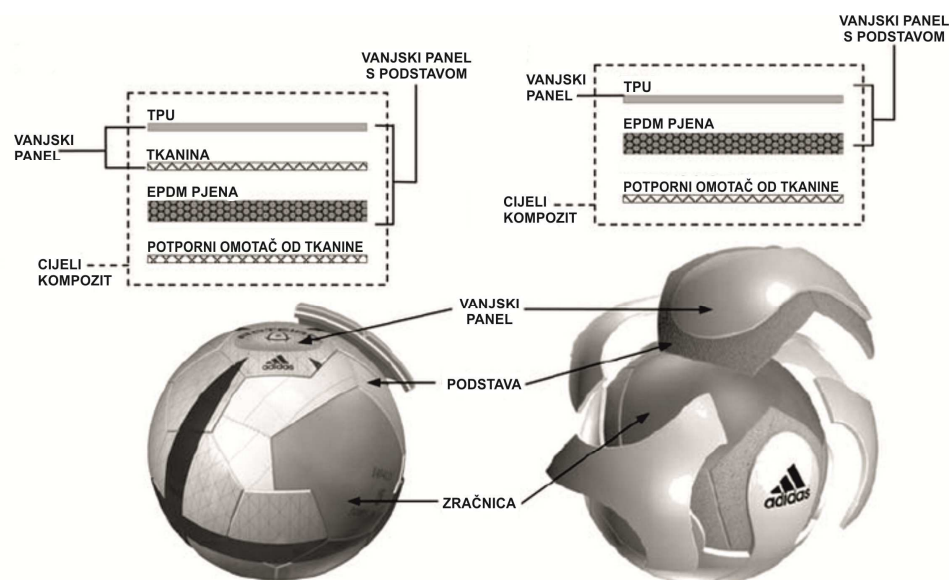
Slika 3.14. *Jabulani* lopta u dijelovima [17]

3.6.1 Vanjski panel i unutarnja podstava

Vanjski panel se danas najčešće ne proizvodi od prave kože. Umjesto nje upotrebljava se sintetička koža napravljena od poliuretana (PUR) ili poli(vinil-klorida) (PVC). PVC je jeftiniji od PUR te se lopte izrađene od njega primjenjuju najviše za trening. Igrači koji od lopte traže optimalna svojstva u pravilu se odlučuju za lopte od PUR. One su skuplje, ali su puno ugodnije za igru jer su mekše. [17]

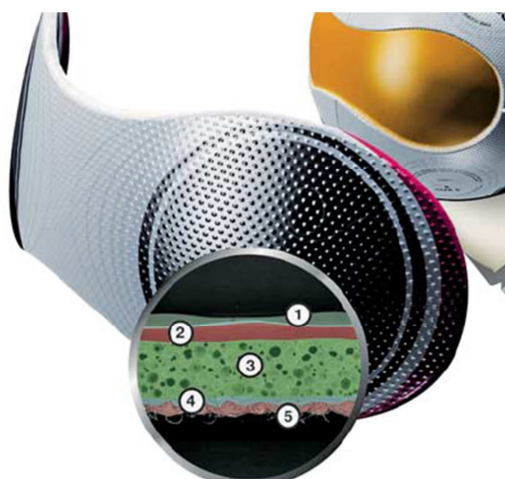
Između vanjskog panela i zračnice nalazi se podstava. Njezina je zadaća osigurati bolji osjećaj, bolji oblik, poboljšati kontrolu lopte i ojačati strukturu. Kao materijal za podstavu danas se najčešće upotrebljavaju poliester i pamuk. [17]

Vanjski panel zajedno s podstavom čini kompozit kao što se vidi na slici 3.15. Na slici su dvije lopte. Oba modela su od proizvođača *Adidas*. Lijevo na slici se nalazi *Adidas Roteiro* koji se primjenjivao na Europskom prvenstvu 2004. godine u Portugalu. S desne strane je model *Teamgeist* sa Svjetskog prvenstva 2006. godine u Njemačkoj. Njihove se strukture kompozita razlikuju u tome što *Teamgeist* ima jedan sloj tkanine manje u odnosu na *Roteiro*. Osim tkanine u sastavu se još nalaze elastoplastomerni poliuretan (TPU) i pjena od etilen/propilen/dienskog kaučuka (EPDM). [17]



Slika 3.15. Kompozitni sastav lopti *Roteiro* i *Teamgeist* [18]

Vanjski panel zajedno s podstavom čini plašt lopte. Na slici 3.16 je na primjeru *Adidasove* lopte *Europass* s europskog prvenstva 2008. godine prikazan poprečni presjek plašta. Plašt je načinjen od peteroslojnog materijala. Vanjski, vidljivi površinski premaz (1) načinjen je od polikarbonat-ester-uretana i omogućuje visoku zaštitu od ogrebotina te smanjeno trošenje i trenje. Alifatska, dvokomponentna čvrsta prevlaka čini dva srednja sloja (2 – 3), koji osiguravaju žilavost i iznimnu elastičnost. Ispod toga je sloj debljine 0,7 mm od *Impranila*®, sintetičke poliuretanske pjene (4) načinjene od elastičnih mikroćelija ispunjenih plinom koje su podjednako velike i koje omogućuju da lopta zadrži svoj oblik te da nakon jakih udaraca daleko leti. Posljednji je sloj aromatsko poliuretansko ljepilo (5) kao vezivo između plašta i tekstilne podloge. [19]



Slika 3.16. Slojevi plašta lopte *Adidas Europass* [19]

- 1 – površinski premaz od polikarbonat-ester-uretana
- 2 – 3 – alifatska, dvokomponentna čvrsta prevlaka
- 4 – sloj od Impranila® (sintetička poliuretanska pjena)
- 5 – sloj aromatskog poliuretanskog ljepila

3.6.2 Spojevi

Svaka se lopta sastoji od više panela i njih je potrebno spojiti. Do 2004. godine za najkvalitetnije lopte se primjenjivala isključivo tehnika šivanja, dok su kod manje kvalitetnih lopti spojevi ostvareni lijepljenjem. Šivanjem se paneli spajaju i danas, postoje ručno i strojno šivane lopte pri čemu su ručno šivane kvalitetnije i skuplje. Kao materijal za šavove upotrebljavaju se poliuretanska vlakna ili vlakna od kevlaru ukoliko je potrebna još bolja izdržljivost i postojanost na vlagu. Međutim, 2004. godine došlo je do promjene na vrhu ljestvice najkvalitetnijih lopti uvođenjem tehnologije toplinskog lijepljenja panela. [17]

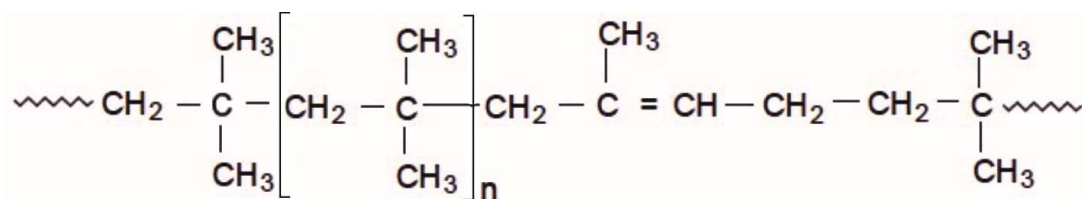
Proces toplinskog lijepljenja izvodi se na sljedeći način: na rubove panela nanese se lijepilo te se oni slože na zračnicu lopte koja je prethodno obučena u podstavu. Sve zajedno stavlja se u kalup gdje se pod utjecajem temperature i tlaka paneli spajaju (slika 3.17). Spoj koji nastaje upotrebom ove tehnike je puno manje vidljiv nego kod spajanja šivanjem, a može se primijeniti za spajanje raznih oblika panela zbog čega su današnje lopte sastavljene od raznih oblika. Zahvaljujući ovom načinu spajanja moderne lopte gotovo uopće ne upijaju vlagu i sve se više približavaju sfernom obliku kojem se teži. [20]



Slika 3.17. Jabulani lopta u kalupu [20]

3.6.3 Zračnica i ventil

Zračnica je dio lopte koji je ispunjen zrakom. Najčešći materijal za izradu zračnice je butilna guma. Butilna guma je kopolimer izobutilena i izoprena, a proizvodi se polimerizacijom 98 % izobutilena sa 2 % izoprena (formula je prikazana na slici 3.18). Njezina najvažnija svojstva su nepropusnost za zrak i rastezljivost. [21]



Slika 3.18. Kemijska formula butilne gume [21]

Osim butilne gume za zračnice se upotrebljava i prirodni materijal lateks. On je dosta mekši i elastičniji od butilne gume, ali s druge strane kroz njegove mikro pore prolazi zrak te zahtjeva češće pumpanje.

Pri proizvodnji lopte od butilne gume u smjesu se često dodaje oko 20 % prirodne gume kako bi se poboljšao osjećaj za udarac i kontrola lopte.

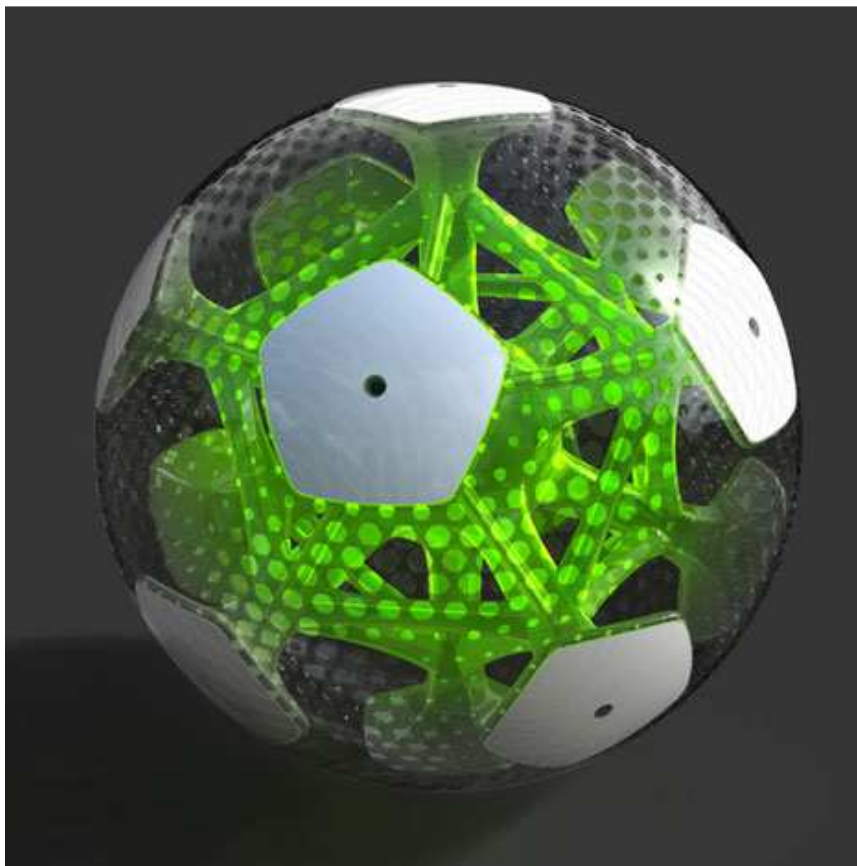
Zračnice se proizvode tako da se prirodna ili umjetna guma zagrije i utisne u kalup gdje se formira balon. Dobiveni balon se hlađenjem gužva pa ga je potrebno napuniti zrakom kako bi površina postala ujednačena.

3.7 Budućnost nogometnih lopti

3.7.1 Agent CTRUS [22]

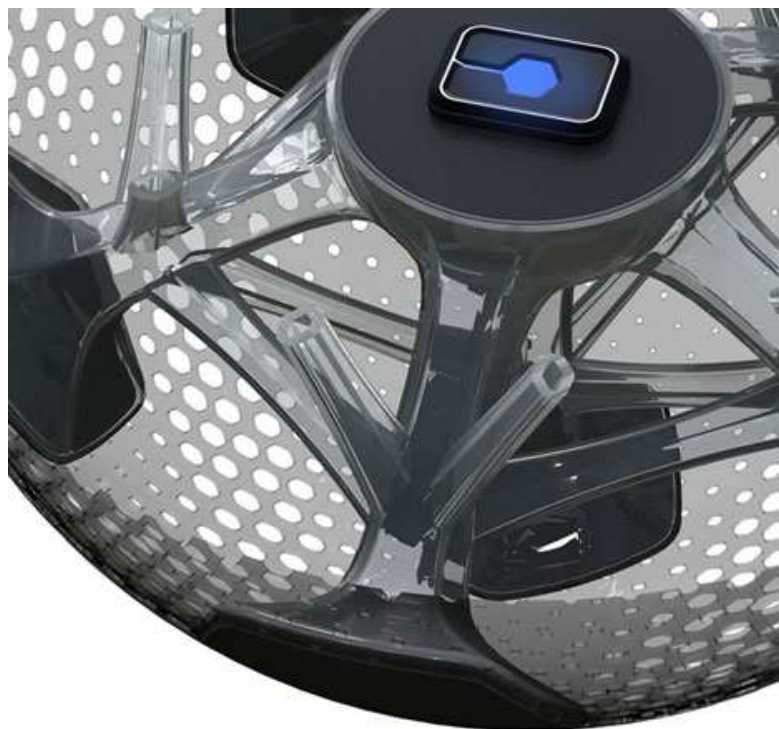
Trenutni razvoj nogometnih lopti vrti se uglavnom oko istih stvari. Izmišljaju se novi oblici panela i dodaju odnosno oduzimaju pojedini slojevi podstave smještene ispod panela. Međutim, kao i u svakom aspektu ljudskog društva, u nogometu također postoje vizionari koji s vremena na vrijeme izbace neku ideju koja potpuno odstupa od ustaljenih normi. Tako je skupina meksičkih znanstvenika 2010. godine osmislila

zanimljiv dizajn nogometne lopte za kojeg smatraju da predstavlja budućnost nogometa (slika 3.19).



Slika 3.19. *Agent CTRUS* koncept lopte

Inženjeri iz *Agent*a tvrde da će *CTRUS* biti opremljen senzorima za mjerenje sile udarca i brzine same lopte, a pomoću ugrađenog GPS odašiljača znat će se točna pozicija lopte na terenu. U središtu lopte bit će smješten elektronički sklop (slika 3.20) koji će skupljene informacije slati u središnje kontrolno računalo na stadionu. Osim senzora i GPS odašiljača u loptu će biti ugrađene i mini kamere pomoću kojih bi doživljaj gledanja utakmice doživio potpuno novu dimenziju. Pošto bi u svakom trenutku bio poznat položaj lopte na terenu, bila bi programirana da promjeni boju kad izađe iz terena ili kad uđe u gol.



Slika 3.20. Unutrašnjost lopte *Agent CTRUS*

Vanjski dio lopte činio bi omotač prekriven rupama koji bi se izrađivao od fleksibilne plastike zbog čega bi se lopta odbijala kao i današnje lopte. Prednost ove lopte očituje se u činjenici kako ona ne ispušta zrak jer unutarnji dio lopte izgleda poput kostura i čini potporu vanjskom omotaču. Zbog toga je lopta propusna za zrak i njezina struktura ne ovisi o njemu. Konceptni izgled vidi se na slici 3.21.



Slika 3.21. Konceptni izgled lopte *Agent CTRUS*

3.7.2 Adidas Smart Ball [23]

Adidas je 2013. godine predstavio *Smart Ball* loptu za koju tvrde da pomaže igračima da poboljšaju svoju tehniku, snagu, rotaciju i točnost. Lopta samo izvana izgleda poput obične nogometne lopte. Unutar nje se nalazi 12 sidrenih točaka koje su aramidnim nitima povezane s kuglom u središtu lopte. Malena kugla skriva senzore i bateriju koju je moguće napuniti specijalnim punjačem. Podaci koje prikupe senzori šalju se bežičnom *Bluetooth* tehnologijom u aplikaciju pametnog mobilnog telefona. Na temelju prikupljenih podataka aplikacija pomaže igraču da poboljša svoj udarac, da bolje shvati putanju lopte i da poboljša svoju tehniku. Izgled lopte prikazan je na slici 3.22.



Slika 3.22. Unutarnji i vanjski izgled lopte *Adidas Smart Ball*

4 NOGOMETNA OBUĆA

Nogomet, kao što mu i samo ime sugerira, je igra u kojoj noga igra najvažniju ulogu prilikom udaranja odnosno kontroliranja lopte. Nogometna obuća se naziva kopačka. Postoji mnogo različitih modela kopački, a njihov razvoj je počeo davno u prošlosti i bio je to iznimno spor proces. Vodeći proizvođači kopački su *Adidas*, *Puma* i *Nike*.

4.1 Povijest

Razvoj modernih kopački je dugotrajno putovanje koje je počelo početkom 19. stoljeća kada je nogomet postao veoma popularan sport u Velikoj Britaniji. U početku su ljudi za nogomet koristili cipele koje su svakodnevno nosili. Prve kopačke osmišljene za bavljenje sportom su imale masu od pola kilograma jer su bile napravljene od debele kože, a ukoliko bi se smočile postajale su još teže (slika 4.1). [24]



Slika 4.1. Kopačke iz 19. stoljeća [23]

Ključni trenutak za moderne kopačke desio se 1954. godine kada je reprezentacija Njemačke osvojila Svjetsko prvenstvo u veoma skliskim uvjetima zahvaljujući kopačkama s klinovima. Za tu su inovaciju zaslužna braća Adolf Dassler (utemeljitelj *Adidas*) i Rudolph Dassler (utemeljitelj *Pume*). Kopačke primijenjene 1954. godine smatraju se prvim modernim kopačkama (slika 4.2). [24]

Godine 1960. došlo je do napretka u pogledu izgleda kopački. Do tada su bile visoko rezane kako bi štitile zglobove kao što je vidljivo na slici 4.1, a to je zamijenjeno modelima koji su se rezali niže poput modela iz 1954. godine prikazanog na slici 4.2.

Ta promjena omogućila je igračima brže kretanje i lakšu promjenu smjera. Takav oblik se koristi i danas. [24]



Slika 4.2. Kopačke iz 1954. godine [26]

4.2 Anatomija i različitost stilova kopački

Kopačke su se s vremenom razvile od zaštitne obuće do obuće koja izravno poboljšava izvedbe igrača. Današnje kopačke više ne prekrivaju zglobove. Tijekom godina su za razvoj ovog komada obuće provedena mnogobrojna stručna istraživanja kako bi se što bolje ugodilo zahtjevima korisnika. [24]

Raspored i izgled čepova su prilagođeni površini na kojoj se primjenjuju i poziciji na kojoj igrač igra. Čepovi mogu biti izmjenjivi ili fiksni. Izrađuju se od plastike, kože ili metala. Tenisice koje se primjenjuju za igranje u dvoranama imaju donove od kože kako bi se poboljšalo prianjanje za podlogu. Proizvođač sportske opreme *Nike* u svojoj ponudi nudi posebne kopačke prilagođene za igranje na umjetnoj travi. [24]

Pri osmišljavanju izgleda čepova na kopačkama mora se voditi računa i o ostalim igračima prisutnima na terenu. Ukoliko dizajn nije dobar može doći do ozljeđivanja, a to je nešto što se u svakom slučaju želi izbjeći. [24]

Na tržištu postoje različite izvedbe kopački prilagođenih podlozi na kojoj se igra kao i uvjetima igre (tablica 4.1).

Tablica 4.1 Vrste kopački [27]

PODLOGA	KARAKTERISTIKE KOPAČKI	SLIKA
<u>Mekana i tvrda podloga</u>	<ul style="list-style-type: none"> - napravljene za većinu prirodnih terena - primjenjuju kalupljene čepove koji su oštri i konusni da bi osigurali prianjanje na većini terena - daleko najpopularnije 	
<u>Jako mekana podloga</u>	<ul style="list-style-type: none"> - za meke ili mokre prirodne terene - primjenjuju duže čepove koji su izmjenjivi - ukoliko se primjenjuju na pretvrdoj podlozi mogu uzrokovati bol i ozljede 	
<u>Tvrda podloga</u>	<ul style="list-style-type: none"> - napravljene za umjetnu ili tvrdu prirodnu podlogu - obično imaju velik broj kratkih čepova koji su jednoliko raspoređeni po potplatu - mogu poslužiti i na smrznutim terenima 	
<u>Umjetna trava</u>	<ul style="list-style-type: none"> - odlikuje ih iznimno izdržljiv gumeni potplat - imaju male gumene čepove raspoređene po potplatu kako bi osigurale prianjanje na tvrdim prirodnim terenima i umjetnoj travi 	

4.3 Materijali za izradu kopački [28]

Na slici 4.3 prikazani su dijelovi kopačke.



Slika 4.3. Dijelovi kopački

Materijali od kojih se izrađuju vezice su najčešće poliester ili pamuk.

Podstava je dio tenisice koji je u izravnom dodiru s nogom. Mora osiguravati udobnost i prozračnost. Proizvode se od mekih poliuretanskih pjena ili svinjske kože.

Gornji dio tenisice u izravnom je kontaktu s loptom te mora pružati dovoljnu izdržljivost, ali mora biti i fleksibilan. Mogu se proizvoditi od kravlje ili klokanove kože kao predstavnika prirodnih materijala te poliuretana odnosno TPU-a.

Potplati se uglavnom izrađuju od TPU-a. Čepovi mogu biti dio samog potplata te su tada izrađeni i od istog materijala. S druge strane mogu biti i izmjenjivi te izrađeni od drugog materijala. U tom slučaju mogu biti metalni, kožni ili gumeni. Oblik i broj čepova ovisi o primjeni kopački.

4.3.1 Usporedba kožnih i sintetičkih kopački

Na primjeru dvaju modela kopački proizvođača *Nike* bit će uspoređeni materijali od kojih su izrađeni njihovi gornji dijelovi.

Kožna obuća je u pravilu udobnija jer je rastezljiva i prilagođava se jedinstvenom obliku svake noge. Rastezanje može biti i nedostatak jer se s vremenom može rastegnuti više nego što je potrebno. Najčešće pružaju nozi bolju zaštitu jer su deblje. Pošto se svojim oblikom prilagođava nozi, kožna kopačka pruža odličan osjećaj za loptu. Najveći nedostatak kože je što upija vodu. Zbog toga tenisica postaje teža i zahtjevnija za održavanje i čišćenje. Kožne kopačke su skuplje i vijek trajanja im je kraći. Proizvođači pokušavaju riješiti problem upijanja vode kod kožne obuće. Kod modela *Nike Tiempo Legend IV* (slika 4.4) neki su dijelovi izrađeni od umjetne PVC kože kako bi se smanjilo upijanje. Prirodna koža upotrebljena na ovim kopačkama potječe od klokana. Klokanska koža se smatra najboljim izborom u proizvodnji kopački. Razlog leži u tome što su vlakna kod te vrste kože uglavnom jednoliko usmjerena dok je smjer vlakana kod ostalih vrsta kože puno složeniji te je kod nekih vrsta kut između pojedinih vlakana i do 90°. Zbog te ujednačenosti ovu vrstu kože je moguće upotrijebiti u veoma tankom obliku, a da ona ipak ne izgubi na čvrstoći. Klokanska koža je zbog toga iznimno cijenjena jer joj je masa puno manja u usporedbi s drugim vrstama kože. Njezin je nedostatak visoka cijena. [29]



Slika 4.4. *Nike Tiempo Legend IV* [29]

Većina današnjih sintetičkih kopački je napravljeno od TPU-a po imenu *Teijin mikro vlakna* (e. *Teijin microfibre*) koji je udoban i iznimno lagan. Umjetne kopačke pružaju inženjerima puno više slobode po pitanju primjene najnovije tehnologije. Kod upotrebe ovih materijala lakše je osigurati nepropusnost za vodu što kopačke čini puno lakšima u mokrim uvjetima dok je čišćenje i održavanje također znatno jednostavnije. Međutim, zbog toga je njihova površina klizava kad se smoči pa igrač nema tako dobar osjećaj za loptu. Razvijanjem sintetičkih materijala poput *Teijin mikro vlakana* pokušava se poboljšati udobnost i osjećaj za loptu koji su kod kožnih modela puno bolji. Primjer kopački izrađenih od tog materijala je model *Nike Mercurial Vapor IX* koji je prikazan na slici 4.5. [29]



Slika 4.5. *Nike Mercurial Vapor IX* [29]

Te kopačke, predstavljene 2013. godine, odlikuje masa od samo 200 g. Površina s udubljenjima podsjeća na površinu golf loptice, a odlikuje ju završna obrada poput one na kožnim kopačkama koja, uz iznimno tanak TPU, doprinosi boljoj kontroli lopte pri velikim brzinama. Potplat je napravljen od TPU-a i staklenih vlakana što omogućava dobro ubrzanje i poboljšano prianjanje za podlogu pri promjenama smjera. [30]

Usporedbe između kožnih i sintetičkih kopački su uzaludne jer svaka verzija ima svojih prednosti i nedostataka. Činjenica je da se sintetički materijali razvijaju velikom brzinom i svojim se svojstvima sve više približavaju pravoj koži, ali je na kraju ipak na igraču da odabere model.

5 NOGOMETNI DRESOVI

5.1 Razvoj dresova kroz povijest

U početku razvoja nogometa značenje nogometnih dresova nije bilo veliko. Igrači su obično bili obučeni u bijele majice kratkih rukava, a ekipe su se međusobno raspoznavale po kapama koje su bile u različitim bojama. Tako je bilo sve do 1870. godine i osnivanja engleskog *FA Cup* natjecanja. To je natjecanje privlačilo do tada neviđenu medijsku pažnju pa su gledatelji zahtijevali da se počnu nositi majice po kojima bi se ekipe razlikovale jedne od drugih. Boje su se birale prema klubu ili školi kojeg je ekipa predstavljala. Siromašnije ekipe su nosile jednostavne bijele majice dok su si one bogatije mogle priuštiti dresove u različitim bojama. Igrači bi sami snosili troškove nabave dresova sve dok nogomet nije postao profesionalan kada su klubovi počeli osiguravati potrebnu opremu. [31]

Dresovi koje su igrači nosili početkom dvadesetog stoljeća bili su napravljeni od izdržljivih, prirodnih vlakana, najčešće pamuka, a proizvodili su se u različitim bojama. Na dresovima su se često vidjele široke vertikalne i horizontalne crte što je postao jako popularan dizajn. U tridesetim godinama dvadesetog stoljeća u Velikoj Britaniji su se na dresove počeli stavljati i brojevi koji su označavali poziciju na kojoj igrač igra što se vrlo brzo proširilo ostatkom svijeta. [31]

Sredinom dvadesetog stoljeća prirodni materijali se počinju zamjenjivati laganim sintetičkim materijalima. Tijekom sljedećih desetljeća izmjenjivali su se različiti dizajni dresova što je posebice došlo do izražaja u osamdesetim godinama kada su dresove počele proizvoditi velike sportske kompanije ističući svoje *brandove* na njima (slika 5.1). Ulaskom velikih sportskih tvrtki u posao proizvodnje dresova počelo je doba kada dres nije više bio samo odjevni predmet već i reklamni prostor. Dresovi su se tih godina proizvodili od izdržljivog poliestera male mase. [31]



Slika 5.1. Dres *FC Liverpoola* iz osamdesetih godina 20. stoljeća [32]

5.2 Materijali modernih dresova

Primjer modernog nogometnog dresa je dres u kojem je hrvatska nogometna (slika 5.2) reprezentacija nastupila na Europskom prvenstvu u Poljskoj i Ukrajini 2012. godine.

Uz moderan i nacionalno obojen dizajn, karakteristika ovog dresa je i tkanina izrađena od recikliranog poli(etilen-tereftalata) (PET), odnosno materijala za izradu plastičnih boca. Izrađen je od 96 % recikliranog PET-a odnosno za jedan sportski dres upotrijebi se 13 plastičnih PET boca. Dres je 23 % lakši i 20 % čvršći, a specijalnom laserskom tehnikom načinjene su male rupice koje potiču hlađenje. Za 2012. godinu *Nike* program izrade tkanine za izradu sportskih dresova iskoristio je oko 16 milijuna PET boca pretežito prikupljenih na odlagalištima Tajlanda i Japana. [33]

Poli(etilen-tereftalat) ili skraćeno PET je poliester koji je razvijen četrdesetih godina dvadesetog stoljeća za proizvodnju sintetičnih vlakana. U ranim sedamdesetima dolazi do komercijalne proizvodnje PET plastičnih boca, koja je i danas najčešći oblik upotrebe PET-a. PET se upotrebljava za proizvodnju ambalaže za različita pića kao i za izradu ambalaže za kozmetičku i farmaceutsku industriju. PET je čist, lagan i izdržljiv materijal koji se može u potpunosti reciklirati. [34]



Slika 5.2. Dres hrvatske nogometne reprezentacije iz 2012. godine [35]

6 OSTALA OPREMA ZA IGRAČE

6.1 Golmanske rukavice

Upotreba golmanskih rukavica počela se povećavati šezdesetih i sedamdesetih godina dvadesetog stoljeća, a u osamdesetim godinama postale su standardan dio nogometne opreme. Proizvođači su počeli ulagati značajna sredstva u istraživanje materijala za proizvodnju rukavica pokušavajući prije svega poboljšati njihovo prijanjanje za loptu. Kao najbolji odabir pokazala se pjena od lateksa. Taj se materijal upotrebljava i u modernim rukavicama, ali se podvrgava raznim obradama kako bi mu se prijanjanje još poboljšalo. Primjer modernih golmanskih rukavica vidimo na slici 6.1. [36]



Slika 6.1. Adidas Predator golmanske rukavice [37]

6.2 Štitnici

Potkoljenična je kost mjesto koje je u nogometu često izloženo udarcima te ju je potrebno zaštititi. Iz tog je razloga upotreba štitnika za potkoljenice koji se nazivaju i kostobrani danas uobičajen prizor. Mogu biti načinjeni od gume, staklenih vlakana ili

plastike. Štitnici od gumaste pjene su lagani i prilagodljivi, ali nude lošiju zaštitu dok su oni napravljeni od staklenih vlakana čvrsti, lagani i nude odličnu zaštitu, ali po nešto višoj cijeni. Najveća je prednost plastičnih štitnika što su najjeftiniji. Primjer štitnika vidimo na slici 6.2. [38]



Slika 6.2. Adidas Štitnici za potkoljenice [39]

7 POLIMERI NA NOGOMETNIM STADIONIMA

Polimeri na stadionima su veoma rasprostranjeni. Ističu se polietilenske mreže na golovima, zatim korner zastavice napravljene od poliestera i smještene na stalke od PVC-a od kojeg je napravljena i većina opreme potrebne za trening kao što su razni čunjevi i štapovi. Nekoliko važnih primjena obradit će se detaljnije.

7.1 Stadionske stolice

Stolice koje se postavljaju na stadionima moraju ispunjavati stroge zahtjeve. Osim što moraju biti udobne za gledatelje, također moraju biti postojane na atmosferske utjecaje i promjene temperatura. Najčešće upotrebljavani materijal za njihovu izradu je polipropilen koji se dodatno štiti UV dodacima kako bi se postigla postojanost na UV zračenja. Primjer stolice vidimo na slici 7.1. [40]



Slika 7.1. Stadionska stolica od polipropilena [38]

U novije vrijeme polipropilen se zamjenjuje poliamidom kao materijal za izradu stolica jer ima veću čvrstoću i postojanost pri visokim odnosno niskim temperaturama (slika 7.2). [41]



Slika 7.2. Stadionska stolica od poliamida [39]

7.2 Izgradnja stadiona

Prilikom izgradnje stadiona postoji mnogo dijelova napravljenih od neke vrste polimernog materijala.

Koliko je značenje polimera u izgradnji stadiona može se vidjeti na primjeru poljskog stadiona *PGE Arena Gdansk* na kojem se igralo Europsko prvenstvo 2012. godine. Fasada koja se proteže i na krov stadiona sastavljena je od 18 000 polikarbonatnih (PC) ploča u nekoliko nijansi žute i narančaste boje. Stadion je prikazan na slici 7.3. [42]



Slika 7.3. *PGE Arena Gdansk* [40]

Još jedan odličan primjer je nacionalni stadion u Varšavi s istog prvenstva čiji je sklopivi krov napravljen od staklenih vlakana prevučene teflonom (PTFE). Na taj je način postignuta postojanost na vremenske utjecaje poput kiše snijega i sunca. Postupak otvaranja ili zatvaranja 1200 tona teškog krova traje 20 minuta. Krov je prikazan na slici 7.4. [43]



Slika 7.4. Poljski nacionalni stadion u Varšavi [41]

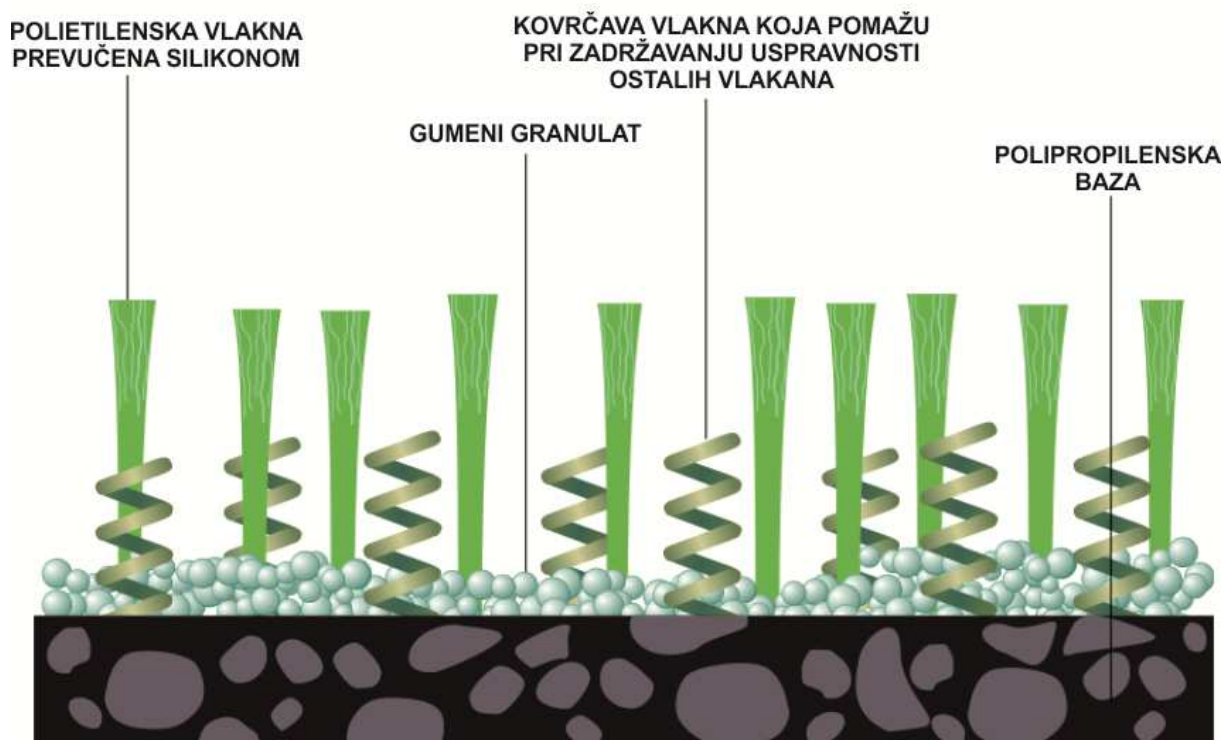
7.3 Umjetna trava [44]

Postoje područja na svijetu gdje zbog klimatskih uvjeta ili nekog sličnog razloga prirodna trava nije pogodna za upotrebu. Na tim se područjima kao jedino logično rješenje nudi umjetna trava.

Umjetna trava je podloga od sintetičkih vlakana koja nalikuje prirodnoj travi. Iako se najviše primjenjuje na sportskim terenima, sve je češći slučaj njene primjene na privatnim dvorištima ili javnim prostorima. Glavni razlog je održavanje pošto ju nije potrebno zalijevati ni kositi. Usprkos svojim prednostima ima i nekih nedostataka poput ograničenog vijeka trajanja, potrebnog povremenog čišćenja, te lošeg utjecaja na zdravlje pojedinih upotrijebljenih komponenti.

Poprečni presjek podloge od umjetne trave prikazan je na slici 7.5. Sastoji se od polipropilenske baze koja je uz drenažni sustav smješten ispod nje, a zadužen je za

odvodnju vodu. Iz nje se izdižu polietilenska vlakna trave koja su prevučena silikonom te izgledaju poput vlakana prirodne trave. Uz njih su i kovrčava vlakna koja pomažu pri održavanju uspravnosti vlakana trave. Između vlakana se nalazi reciklirani gumeni granulat koji je zadužen za ublažavanje udaraca.



Slika 7.5. Poprečni presjek podloge od umjetne trave

8 ZAKLJUČAK

Cilj završnog rada bio je ukazati na rasprostranjenost polimernih materijala u svijetu nogometa. Prikazani su najvažniji aspekti uporabe iako mnogi od njih samo ukratko jer bi u protivnom sadržaj ovog završnog rada bio preopširan. Upravo iz toga se vidi koliko su polimeri značajni u svijetu modernog nogometa. Iako to prosječan poznavalac nogometa ne vidi, taj sport ne bi postojao u obliku kojeg danas poznajemo da u tu priču nisu uključeni polimerni materijali. Od lopte preko opreme za igrače pa sve do infrastrukture i dijelova nogometnog terena, njihov je utjecaj iznimno važan. Zahvaljujući njima je postalo moguće napraviti natkrivene stadione što upotrebom drugih materijala nije bilo moguće zbog njihove veće mase. Nogometne su dresove učinili lakšima i prozračnijima, dok su stolice na stadionima sada postojane i pri ekstremnim temperaturama. Lopte se sve više približavaju savršeno sferičnom obliku zbog novog načina izrezivanja panela i njihovog spajanja, a upijanje vode smanjeno im je na neznatnu razinu. Zahvaljujući laganim kopačkama od sintetičkih materijala izvedbe igrača su dovedene do savršenstva.

Zahvaljujući svojstvima polimernih materijala danas je moguće ostvariti karakteristike kakve su prije bile nezamislive. S obzirom na širinu upotrebe polimeri su područje sadašnjosti, a čeka ih i svjetla budućnost s obzirom na brz razvoj novih materijala i otvaranje novih područja primjene.

9 LITERATURA

- [1] *Povijest nogometa*, <http://www.eduvizija.hr/portal/sadrzaj/povijest-nogometa> , 19.2.2014.
- [2] *Izložba Zašto suparnici?*,
http://www.mup.hr/UserDocsImages/muzej/pdf_materials/03/pano%20tifo_2_3_8.pdf, 19.2.2014.
- [3] *Povijest nogometa*, http://www.e-muskarac.com/sport/povijest_nogometa, 19.2.2014.
- [4] *Laws of the Game (association football)*,
http://en.wikipedia.org/wiki/Laws_of_the_Game_%28association_football%29 , 19.2.2014
- [5] *Law 2: The Soccer Ball*, <http://soccermommanual.com/laws-of-soccer-law-2-soccer-ball/>, 19.2.2014.
- [6] *Vulkanizacija*, <http://hr.wikipedia.org/wiki/Vulkanizacija>, 19.2.2014.
- [7] *Kaučuk*, <http://hr.wikipedia.org/wiki/Kau%C4%8Duk>, 19.2.2014.
- [8] *Why is Xinhai rubber wear-resistant?*, <http://rubberpump.com/>, 19.2.2014.
- [9] *Charles Goodyear's Soccer Ball*,
<http://www.soccerballworld.com/Oldestball.htm>, 19.2.2014
- [10] *The History of the Soccer Ball*,
<http://www.soccerballworld.com/History.htm#Soccer%20Balls%20in%20the%201900%27s>, 19.2.2014.
- [11] *History of soccer ball*, <http://www.sportapex.com/2011/05/soccer-balls.html>, 19.2.2014.
- [12] *Ball (association football)*,
http://en.wikipedia.org/wiki/Ball_%28association_football%29, 19.2.2014.
- [13] <http://www.balones-oficiales.com/>, 19.2.2014.
- [14] Byrne, B.: *Adidas Brazuca Ball – how does it perform?*,
<http://www.soccercleats101.com/2013/12/11/adidas-brazuca-ball-how-does-it-perform/>, 19.2.2014.
- [15] *Black and white football (soccer) balls*,
<http://www.psdgraphics.com/photos/black-and-white-football-soccer-balls/>, 19.2.2014.

- [16] Alam, F., Chowdhury, H., Moria, H., Fuss, F. K., Khan, I., Aldawi, F., Subic, A.: *Aerodynamics of contemporary FIFA soccer balls*, Procedia Engineering, Volume 13, 2011, 188-193
- [17] *What is a Soccer Ball Made of*, <http://www.football-bible.com/soccer-info/what-is-a-soccer-ball-made-of.html>, 19.2.2014.
- [18] Price, D. S., Jones, R., Harland, A. R., Silberschmidt, V. V.: *Viscoelasticity of multi-layer textile reinforced polymer composites used in soccer balls*, Journal of Materials Science, April 2008, Volume 43, Issue 8, 2833-2843
- [19] Barić, G. , *Nogometna lopta površine poput gušće kože*, Polimeri 29(2008)1, 61
- [20] *How are Footballs Made*, <http://engineeringsport.co.uk/2012/07/03/how-are-footballs-made/>, 19.2.2014.
- [21] *Butyl rubber*, http://en.wikipedia.org/wiki/Butyl_rubber, 19.2.2014.
- [22] *CTRUS football by Agent*, <http://www.dezeen.com/2013/10/07/ctrus-football-by-agent/>, 19.2.2014.
- [23] Furfie, B.: *Adidas showcases its new Smart Ball*, <http://www.t3.com/news/adidas-showcases-its-new-smart-ball>, 19.2.2014.
- [24] Thomas, G.P.: *What Materials are Used in Football (Soccer) Boots?*, <http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=7886>, 19.2.2014.
- [25] *Football Boots Design, Weight & material used in making Shoes*, <http://www.footballwood.com/football-boots-design-weight-material-used-in-making-shoes.html>, 19.2.2014.
- [26] *History of Adidas*, <http://bashny.net/t/en/85261>, 19.2.2014.
- [27] *Soccer Shoes, Boots, or Cleats*, <http://www.worldsoccershop.com/buyers-guide-boots.html>, 19.2.2014.
- [28] *R&D in soccer cleats geared toward enhancing play*, <http://www.globalsources.com/gsol//Athletic-shoes/a/9000000122327.htm>, 19.2.2014.
- [29] *The Low Down on Synthetic vs Leather Soccer Shoes*, <http://www.soccerpro.com/theinstep/the-low-down-on-synthetic-vs-leather/>, 19.2.2014.
- [30] *Nike Mercurial Vapor*, http://en.wikipedia.org/wiki/Nike_Mercurial_Vapor, 19.2.2014
- [31] *Soccer Jersey History*, <http://soccer.epicsports.com/soccer-jersey-history.html>, 19.2.2014.

- [32] *Liverpool Home football shirt 1980 – 1981*,
<http://www.oldfootballshirts.com/en/teams/l/liverpool/old-liverpool-football-shirt-s3602.html>, 19.2.2014.
- [33] Junaković, A.: <http://www.dnevno.hr/sport/nogomet/54715-foto-pogledajte-novi-dres-vatrenih-od-materijala-za-plasticne-boce.html>, 19.2.2014.
- [34] *PET (poli(etilen-tereftalat))*, <http://www.gastropet.si/cro/program1.html>, 19.2.2014.
- [35] *Croatia New Home Soccer Jersey 2012 Euro*,
<http://www.soccerjerseysclub.com/croatia-2012-national-team-home-kit/>, 19.2.2014.
- [36] Grahame, A.: *The History of Soccer Goalie Gloves*,
<http://www.livestrong.com/article/341436-the-history-of-soccer-goal-gloves/>, 19.2.2014.
- [37] <http://www.prodirectsoccer.com/Products/adidas-Goalkeeper-Gloves-adidas-Predator-FS-Replique-Goalkeeping-Goalie-Gloves-WhiteBlackRay-GreenElectricity-63353.aspx>, 19.2.2014.
- [38] *Five Tips for Buying Soccer Shin Guards*, <http://voices.yahoo.com/five-tips-buying-soccer-shin-guards-631442.html?cat=14>, 19.2.2014.
- [39] <http://www.wdmsoccerclub.org/Portals/5308/images/Adidas/shin%20guards.jpg>, 19.2.2014.
- [40] <http://www.plastikgotic.rs/stolicastandard.htm>, 19.2.2014.
- [41] <http://www.archiexpo.com/prod/stechert/sport-stadiums-chairs-94034-924346.html>, 19.2.2014.
- [42] *PGE Arena Gdansk*,
http://en.wikipedia.org/wiki/PGE_Arena_Gda%C5%84sk, 19.2.2014.
- [43] *National stadium, Warsaw*,
http://en.wikipedia.org/wiki/National_Stadium,_Warsaw#Construction_and_architecture, 19.2.2014.
- [44] *Artificial turf*, http://en.wikipedia.org/wiki/Artificial_turf, 19.2.2014.

10 PRILOG

I. CD-R disc